

GBZ2.1-2019《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》

GBZ 2.1-2019《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（文中简称新标准）于2020年4月1日正式施行[1]。本文通过对新标准主要修改内容的介绍，帮助用人单位及职业卫生专业人员更好地理解和应用该标准。与GBZ 2.1-2007《工作场所有害因素职业接触限值

第1部分：化学有害因素》比较，新标准除编辑性修改外，主要技术性修改包括：增加规范性引用文件，增加或调整了术语、定义和缩略语，调整化学物质的中英文名称与化学文摘

（CAS）号，增加部分化学有害因素的致敏、经皮、致癌标识并对部分致癌标识进行了调整，汇总增加近年研制、修订的工作场所化学有害因素的职业接触限值（OELs）和生物接触限值（BELs），进一步完善了工作场所空气中化学有害因素职业接触的卫生要求及监测检测方法的原则要求，增加职业接触控制及对不同工时制与长时间工时制职业接触评价的原则及要求，明确应用职业接触限值时需要注意的事项。

一、增加规范性引用文件

新标准在保留GBZ 2.1-2007中3项规范性引用文件基础上，新增加6项规范性引用文件：

（1）GBZ/T 300《工作场所空气中有毒物质测定》；（2）GBZ/T 192《工作场所空气中粉尘测定》；（3）GBZ/T 224《职业卫生名词术语》；（4）GBZ/T 225《用人单位职业病防治指南》；（5）GBZ/T 229.2《工作场所职业病危害作业分级 第2部分：化学物》；（6）GBZ/T 295《职业人群生物监测方法 总则》。

二、对术语、定义和缩略语进行调整

1. 新标准中增加的术语或定义：

增加了9项与OELs相关的术语或定义，可分别归类为职业接触类、健康效应类和BELs类。

（1）职业接触类，包括接触水平、OELs比值、混合接触比值和行动水平（action level）；
（2）健康效应类，包括有害健康效应和临界不良健康效应；（3）BELs类，包括生物监测和BELs。

2. 新标准中未单独列出的术语或定义：

鉴于新标准新增规范性引用文件GBZ/T 224已包括对工作场所、工作地点、总粉尘、呼吸性粉尘及空气动力学直径5项术语和定义，故新标准不再单独列出。

3. 峰接触浓度（PE）概念的引入：

接触模式可影响化学物对健康影响的性质与程度，在流行病学研究和接触测量中非常重要。接触模式包括连续接触、间歇性接触、存在峰浓度的接触和无峰浓度的接触。存在峰浓度意味工艺变异性大，没有得到良好的控制，劳动者有可能短时间一次接触大量的有害物质[浓度可能高于时间加权平均容许浓度（PC-TWA）数倍]，存在急性健康效应发生的可能性。PC-TWA是针对预防长期健康效应而制定的指标，并未考虑防止短时间接触导致的急性健康效应，仅依靠长时间平均接触监测数据可能会掩盖峰值的漂移。此时如果不良健康效应是由峰浓度接触引起的，即使实际测得的时间加权平均浓度（CTWA）在限值以下，也要控制在PC-TWA以上的短时间峰接触。在有支持数据的情况下，通常通过制定短接触容许浓度（PC-STEL）以限制劳动者在一个工作日内短时间过高浓度的接触。但是仍有许多制定有PC-TWA的物质并未制定PC-STEL。对于这些化学有害因素，应使用PE指标控制其短时间的最大接触，以防止劳动者在一个工作日内超过PC-TWA标准值若干倍的瞬时峰浓度接触而导致快速发生的急性健康效应[2]。为此，新标准引入了PE概念并替代GBZ 2.1-2007中的超限倍数，同时删除了与超限倍数有关的内容。

三、完善工作场所空气中化学有害因素职业接触的卫生要求

1. 卫生要求框架：

由2类因素4个表组成。新标准增加生物监测指标和接触限值（标准中表4），为推荐性生物限值。工作场所空气中化学物质、粉尘和生物因素的OELs为强制性卫生要求（标准中表1、表2、表3）。

表1 生物监测和工作场所空气监测的比较[2]

表2 调整名称的化学物质

表3 GBZ 2.1-2019增加的化学有害因素OELs

表4 GBZ 2.1-2019化学有害因素OELs的基本概况（n）

2. 完善GBZ 2.1-2007中表1和表2及表3的内容：

各表的内容包括有害因素的中英文名称、CAS号、临界不良健康效应及备注。（1）CAS号为美国化学学会化学文摘社对化学物质编制的唯一数字识别号码，旨在避免化学物质有多种名称的麻烦。（2）OELs类型，分为PC-TWA、PC-STEL和最高容许浓度（MAC）。PC-TWA是以时间为权数规定的8 h工作日、40 h工作周的平均容许接触浓度，反映长期慢性接触情况。劳动者在不同时间段接触化学有害因素的时间加权平均（TWA水平在PC-TWA值上下波动，且因物质的不同容许波动的范围有所不同。见图1。PC-STEL是在实际测得的8 h工作日、40 h工作周平均接触浓度遵守PC-TWA的前提下，容许劳动者15 min短时间的接触浓度，主要用于以慢性毒性作用为主但同时具有急性毒性作用的化学物质，见图2。PC-STEL是与PC-TWA相配套的短时间接触限值，可视为对PC-TWA的补充。MAC是指一个工作日内任何时间、工作地点的化学有害因素均不应超过的浓度，适用于具有明显刺激、窒息或中枢神经系统抑制作用，可导致严重急性健康损害的化学物质。一般情况下，设有MAC的化学物质均无PC-TWA或PC-STEL。（3）临界不良健康效应，用于确定工作场所空气中某种化学有害因素容许接触浓度值的大小时依据的不良健康效应，分为致癌效应和非致癌效应。非致癌效应包括对呼吸道、皮肤、眼或黏膜等的刺激作用，致敏作用，急性毒性作用，肝、肾、神经、呼吸、血液系统等的慢性毒性，生殖毒性，也可能是不适、刺激甚至麻醉或骚扰等。新标准采用的临界不良健康效应主要来源于新增化学有害因素OELs制定时依据的关键健康效应、美国政府工业卫生师协会（ACGIH）发布的《2016 TLVs and BEIs®》[2]、《工作场所有害因素危害特性实用手册》[3]。由于该部分为引进资料，实施时仅供参考，还需结合职业病防治实际工作经验和最新研究成果。（4）临界不良健康效应的备注，对可通过皮肤、黏膜和眼睛直接接触、经完整皮肤吸收而引起全身效应的化学物质，具有致敏、致癌作用的化学物质，分别标识‘皮’敏’及‘癌’，提示用人单位有针对性地采取有效措施，避免通过皮肤接触而引起过量的接触；保护劳动者避免诱发致敏效应、减少个体过敏反应的发生；采取最先进的技术措施与个人防护，减少接触机会，尽可能保持最低的接触水平。

图1 时间加权平均容许浓度（PC-TWA）

图2 短时间接触容许浓度（PC-STEL）与时间加权平均容许浓度（PC-TWA）的关系

3. 生物监测指标和接触限值：

新标准中表4的内容包括化学有害因素及生物监测指标的中文和英文名称、BELs及采样时间。生物监测指标可分为接触指标和效应指标。接触指标监测是对接触个体生物样品中化学物质和/或其代谢产物浓度进行的测定，可确定机体吸收的程度；效应指标监测是对接触引起的机体生理、生化效应强度进行的测定[4]。生物监测和工作场所空气监测的主要不同见表1。

BELs又称为生物限值（BLVs）或职业接触生物限值，是针对劳动者生物材料中的化学物质或其代谢产物以及它们所引起的生物学效应等推荐的最高容许量值，也是发现和评价劳动者潜在健康危害、评估生物监测结果而制定的参考指南值。每周5 d工作、每日8 h接触，当生物监测值在其推荐值范围内时，绝大多数的劳动者将不会受到不良的健康影响。大多数BELs是基于与OELs的相关性制定的，考虑了毒物代谢动力学和毒物动力学信息。因此，理论上BELs更能反映劳动者接触化学有害因素的吸收剂量[4]。

新标准中的表4列出28种生物监测指标和接触限值。其中，汇总并列出现年审定通过的苯、丙酮、1, 3-丁二烯、二甲苯、二甲基乙酰胺、二氯甲烷、甲苯二异氰酸酯、1-溴丙烷、乙苯、四氯乙烯、草甘膦、锑及其化合物、N-甲基乙酰胺的BLVs；对已发布的甲苯、三氯乙烯、铅及其化合物、镉及其化合物、一氧化碳、有机磷酸酯类农药、二硫化碳、氟及其无机化合物、苯乙烯、三硝基甲苯、正己烷、五氯酚、汞、可溶性铬盐、酚（共15种）原卫生行业标准BELs进行确认，实现BELs从卫生行业标准向国家职业卫生标准的转变，原有卫生行业系列的职业接触生物限值标准不再继续适用。

四、调整化学物质的中英文名称与CAS号

调整8种化学物质的中英文名称，其中同时调整中英文名称的化学物质4种，仅调整中文或英文名称的各2种，见表2。调整8种物质的CAS号：二氧化锡、邻-氯苯乙烯、2-萘酚、氰化物、三氧化硫、碳酸钠6种；删除煤焦油沥青挥发物的CAS号；在钒下增加五氧化二钒和钒铁CAS号。

五、增加近年研制或修订化学有害因素的OELs

2007年以来，先后制定了21种化学物质、5种粉尘、1种生物因素的OELs，见表3。为便于检测、评价，修订时将一氧化氮（NO）的OELs值并入二氧化氮（NO₂）的OELs值，并保持NO₂限值不变。主要原因是GBZ 2.1-2007分别将NO和NO₂的OELs规定为15、5 mg/m³，但工作场

所NO检测实践发现，98%以上的现场检测均未能检测到NO，提示NO在空气中的存留时间可能很短，其原因可能是NO性质不稳定，在空气中极易被氧化成NO2。另根据美国职业安全与健康监察局（OSHA）[5]、ACGIH[6]以及GBZ 2.1-2007等所规定的NO和NO2的OELs值显示，NO2的危害大于NO，故将NO的OELs值并入NO2的OELs值。修订后，新标准涵盖410种化学有害因素，共440项标准值。其中119种化学物质和2种生物因素既有PC-TWA，也有PC-STEL；190种化学物质和49种粉尘仅制定PC-TWA；56种化学物质和1种生物因素制定MAC。见表4。

六、增加部分有害因素的致敏、经皮、致癌标识及调整部分有害因素的致癌标识

1. 增加16种物质15项致敏标识：

分别是百菌清、多次甲基多苯基多异氰酸酯、二苯基甲烷二异氰酸酯、2, 4-二硝基氯苯、钴及其化合物、1, 6-己二异氰酸酯、乙二胺、三氯乙烯、三氧化铬（铬酸盐、重铬酸盐）、异佛尔酮二异氰酸酯、工业酶及工业酶混合尘、谷物粉尘、木粉尘、皮毛粉尘、洗衣粉混合尘，致敏标识由GBZ 2.1-2007的9种增加到25种（类）。

2. 增加4种物质的皮肤标识：

分别是2, 4-二氯苯氧基乙酸（2, 4-滴）、过氧化甲乙酮、环氧乙烷和铍及其化合物，标识‘皮’的物质由GBZ 2.1-2007的114种增加到118种。

3. 增加15种物质的致癌标识：

其中，二噁英类化合物、1, 2-二氯丙烷和邻-甲苯胺标注为G1；草甘膦、二甲基甲酰胺、马拉硫磷、三氯乙醛和硝基甲苯（全部异构体）标注为G2A；五氯酚及其钠盐、1-溴丙烷、2, 4-二氯苯氧基乙酸（2, 4-滴）、对硫磷、1, 3-二氯丙醇、五氧化二钒烟尘和二氧化钛粉尘标注为G2B。另调整7种物质的致癌标识，见表5。新标准共涵盖79种化学有害因素的致癌标识，其中G1 27种、G2A 16种、G2B 36种。

表5 GBZ 2.1-2019对致癌标识的调整情况

七、完善工作场所空气中化学有害因素监测检测方法的原则要求

标准明确规定：工作场所空气中有害物质的采样按GBZ 159执行。化学物质检测执行GBZ/T 300系列标准，对GBZ/T 300尚未涵盖而GBZ/T 160已包括的检测方法标准，明确继续依据GBZ/T 160；粉尘测定依据GBZ/T 192系列标准，对于同时制定有总粉尘和呼吸性粉尘PC-TWA的，可优先选择测定呼吸性粉尘的TWA浓度。生物材料中有害物质及其代谢物或效应指标的测定按GBZ/T 295执行。无相应检测方法标准时，可参考国内外公认的检测方法，但应纳入质量控制程序。

八、增加工作场所化学有害因素职业接触控制原则及要求

1. 控制优先原则：

基于消除替代、工程控制、管理控制及个体防护的优先原则并综合考虑职业病危害种类以及为减少风险而需要付出的成本。

2. 职业接触的控制要点：

职业接触控制措施的要素包括防尘、防毒等工程控制措施、接触监测、健康监护等技术及管理控制措施[7]。职业接触控制应充分考虑以下几个方面：

- （1）可能发生的接触途径，包括吸入、皮肤吸收和摄入途径；
- （2）控制措施的针对性，能有效防止该物质可能引起的健康危害；
- （3）控制措施的有效性和可靠性，避免有害物质泄漏或尽可能使播散最小；
- （4）控制措施的持续有效，定期检查和评估所有控制措施要素并持续改进；
- （5）控制措施的信息交流，将工作中可能产生的有害因素的种类以及采取的控制措施告知相关劳动者，并对其进行培训；
- （6）控制措施的安全性，确保所采取的控制措施不会威胁劳动者的健康和生命。

3. 工作场所化学有害因素职业接触控制卫生要求：

- (1) 劳动者接触制定有MAC的化学有害因素时，一个工作日内，任何时间、任何工作地点的最高接触浓度（CME）都不得超过对应的MAC，见图3。
- (2) 劳动者接触规定有PC-TWA的化学有害因素时，实际测得的CTWA不得超过对应的PC-TWA。
- (3) 对于同时规定有PC-TWA和PC-STEL的化学有害因素，实际测得的短时间接触浓度（CSTE）在接触强度上不得超过对应的PC-STEL，在接触持续时间上应当满足：在>PC-TWA和≤PC-STEL之间的接触水平不应超过15 min，每个工作日的接触次数≤4次，相继接触的间隔时间≥60 min，见图4。如果实际测得的当日CTWA已经超过对应的PC-TWA，则无需再测定CSTE。对于仅制定有PC-TWA但尚未制定PC-STEL的化学有害因素，劳动者瞬时超过3倍PC-TWA值的实际峰接触浓度（CPE）每次不得>15 min，一个工作日不得超过4次，每次间隔不短于60 min，且在任何情况下都不能超过PC-TWA值的5倍。
- (4) 对于尚未制定OELs的化学物质，原则上应使绝大多数劳动者即使反复接触该种化学物质也不会损害其健康。用人单位可依据现有的充分信息、参考国内外权威机构制定的OELs并采取有效措施控制劳动者的接触。

图3 接触制定有MAC的化学物质控制卫生要求

图4 关于CSTE持续接触时间的卫生要求

4. 行动水平及分类控制：

行动水平又称为管理浓度，是劳动者实际接触化学有害因素的水平已经达到需要用人单位采取职业接触监测、职业健康监护、职业卫生培训、职业病危害告知等控制措施或行动的水平。行动水平的概念类似噪声作业与噪声OELs的关系，也类似于有毒作业的概念。化学因素的行动水平，根据接触的有害因素的不同而有所不同，一般为该因素容许浓度的1/2。劳动者实际接触化学有害因素的水平可分为5级，用人单位应基于劳动者的实际接触水平实施分类控制，当劳动者接触化学有害因素的浓度超过行动水平时，应采取相应技术及管理控制措施以控制劳动者的接触，见表6。

表6 职业接触水平及其分类控制

九、增加对不同工时制与工作时间超出标准工时制的职业接触的评价

1. 明确规定不同工时制度时的职业接触评价：

工作场所化学有害因素OELs是基于标准工时制度制定的。《中华人民共和国劳动法》规定，国家实行每日工作时间不超过8 h、平均每周工作时间不超过44 h的工时制度[8]。但是，对于一些因生产特点、工作特殊需要等无法按标准工作时间衡量，或工作性质需要连续作业或受季节和自然条件限制的行业，可实行不定时工作制和综合计算工时工作制[9]。GBZ 2.1-2007给出定点采样8 h-TWA浓度的计算公式，但对何种情况下使用40 h-TWA浓度则并未作出规定。对此，新标准规定：对以月、季、年为周期综合计算工作时间的工时制度，职业接触宜以日评价为主；对以周为周期综合计算工作时间的工时制度的职业接触宜以周评价为主，公式如下：

式中，F：周实际工作小时数；D：检测浓度；M：周标准工作小时数（40 h）。

2. 对8h或40h工作制不同工作时间职业接触的评价：

新标准明确PC-TWA是以时间为权数规定的8 h工作日、40 h工作周的平均容许接触浓度，对日接触时间>1 h但<8 h或周工作时间<40 h时，以8 h或40 h-TWA进行评价；对于日接触时间≤1 h的，可根据作业的实际情况和化学物质的特性参照该物质的MAC或PC-STEL进行评价；当日工作时间超过8 h或周工作时间超过40 h时，由于不接触时间缩短（恢复时间少），进而导致代谢不完全，甚至使体内有害物质累积而引起不良健康效应，因此应根据工作时间的延长和恢复时间的减少调整长时间工作的PC-TWA值。

3. 对长时间工作PC-TWA值的调整：

Brief和Scala模型、OSHA/Quebec模型和药代动力学模型均可用于调整长时间工作制的接触标准，各方法的主要区别在于保守程度。由于Brief和Scala模型具有使用简单，同时考虑了接触时

间增加和恢复时间减少，以及比其他模型更为保守等特点[10]，新标准推荐长时间工作制的OELs调整参考Brief和Scala模型，计算公式：长时间工作OELs=标准限值×折减因子（RF）。RF值的计算分为日接触和周接触两种类型，日接触调整公式： $RF=8/h \times [(24-h)/16]$ ，适用于日工作时间>8 h。周接触调整公式： $RF=40/h \times [(168-h)/128]$ ，适用于周工作时间>40 h。式中，h为每日（或每周）工作小时数。通过调整公式可知，10 h工作制的RF值为0.7，12 h工作制的RF值为0.5。

借鉴OSHA/Quebec模型在调整程序中考虑了空气污染物的毒性效应类型或毒理学数据，新标准建议在对长时接触OELs进行调整时，原则上只对规定有PC-TWA的物质进行调整，对MAC或PC-STEL、单纯刺激性和具有臭味的物质、安全或健康风险极低的物质、生物半衰期少于4 h的物质以及技术上实施困难的物质不进行调整[11]，也不建议对BELs做任何调整或使用校正因子。在实际应用时，应先根据毒理学及药（毒）代动力学数据确定是否需要OELs值进行调整，再选择是日评价还是周评价，然后选择相应的调整公式并计算RF值，进而计算调整的OELs值，最后将实际测得接触浓度按8 h时间加权与调整的OELs值进行比较，确定是否遵守OELs。

十、明确应用OELs时需要注意的事项

1. 准确把握现行限值的科学性和可靠性。在应用OELs时，应注意以下几种情况：

（1）用于制定限值的信息常常不完整，确定标准值大小时依据的信息也并不一定最科学、最可靠；

（2）OELs通常用无可见有害效应水平（NOAEL）或最低可见有害效应水平（LOAEL）并考虑不确定因子（UFs）外推得出，存在不确定性；

（3）制定的限值旨在使近乎所有的劳动者终生反复接触也不会产生不良健康效应，并不总是保护所有劳动者；

（4）制定的限值有可能过时。

2. OELs不是化学因素安全和不安全的清晰界限。在确定OELs标准值时，依据的临界不良健康效应可能是明确的健康损害，也可能是不适、刺激甚至麻醉或骚扰。不同物质依据的临界不良健康效应类型可能不同，不具可比性。此外，确定OELs标准值时依据的临界不良健康效应并不一定是反映无毒性作用产生的起点，目前也无确切的方式区分某OELs是否基于毒性终点制定。因此，不能简单地将2种不同化学物质的容许浓度数值大小来比较毒性大小。

3. 充分考虑标准的适用人群。由于工作场所一般以每日8 h接触为基准，而大气环境接触的基准时间是每日24 h。因此，工作场所有害因素OELs仅适用于职业人群，不能作为工作场所以外的非职业环境的参考值，不能用来评估一般人群的环境、水或食物污染。化学物质对女性健康的潜在影响不同于男性。女性呼吸频率高于男性，按单位体重可能比男人吸入更大量的化学物质；女性有更多的脂肪，许多有毒物质可以在身体内大量储存，对化学物质的解毒过程可能需要更长时间；此外，怀孕时可能会使胎儿接触某些危险化学物质，导致其发育异常。一般情况下，OELs不用于孕妇和哺乳期妇女或其他敏感的人，在需要保护这些群体时可另采取具体的措施。OELs旨在保护大多数劳动者的健康。但由于个体易感性的差异，对有害物质的感受程度因人而异，即使接触水平在容许浓度以下，少数劳动者也可能出现不适、健康异常状况进一步恶化、不能防止职业病发生等情况。

4. 注意劳动条件的影响。工作场所OELs主要用于正常工作条件的职业接触。劳动强度、温热条件、放射线、气压等负荷往往会增强有害物质的健康影响。在接触时间或工作强度等超出制定OELs时所考虑的条件时，不能直接套用限值。工作以外的条件也可能影响机体对化学物质的感受。为了尽可能减少非正常条件下任何因素的影响，可适当使用检测、报警和应对措施。

5. 不适用情况。标准不能用于检验职业或其他原因导致的疾病或身体健康状况，更不可作为职业病鉴定的唯一依据。制定OELs值时依据的临界不良健康效应并不完全是致病的浓度；是否致病还须考虑吸收剂量，吸入接触以外的其他途径接触也可能引起过度接触并引起疾病，即便空气采样检测在正常水平，也不排除其他途径造成过度接触的可能性；是否致病还必须考虑个人的健康状况，OELs不保护健康已受到损害的工人。对于易感个体，即使个体接触水平<OELs或生物监测值<BELs，也可能会受到伤害，不能仅凭个体接触水平超过OELs或生物监测值超过BELs，就评价劳动者的不良健康效应或诊断职业病。尤其是具体样本的生物测定可能受生物材料变异性的影响，这种变异可由各种因素引起，如摄入液体、高温、过重的体力负荷、用药等可能造成生物材料的浓缩或稀释，从而影响测定结果。因此，在观察到劳动者出现某些健康异常时，不能只以超过OELs或劳动者某个具体生物指标超过相应BELs为理由作为职业病诊断与鉴定的唯一依据。

6. 监测结果一致性的问题。生物监测值与工作场所空气中有害因素监测的结果有时可能并不一

致。原因包括但并不限于与工作有关的因素和方法学因素，如个体年龄、性别、生活习惯（吸烟或饮酒等）、饮食结构（水和脂肪摄入）、生理结构及健康状况、工作强度和持续时间、温度和湿度、皮肤接触、使用防护用品、同时接触其他化学物以及其他工作习惯、接触工作场所以外有害因素等。在应用生物监测结果评价劳动者潜在健康危害时，应综合分析工作场所职业性有害因素接触水平、防护状况以及劳动者个体的健康状况。如果不同场所同一个劳动者的样本测定结果持续超过BELs值，或同一工作场所同班组劳动者的许多样本测定结果超过BELs值，应进行职业卫生调查、评估，以寻求合理的解释，并采取相应的行动。在可能的条件下，应排除可能存在的、与作业相关的因素，采取措施以减少接触的影响。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突